

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-120179
(43)Date of publication of application : 23.04.2002

(51)Int.CI. B25J 13/00
A63H 11/00
B25J 5/00

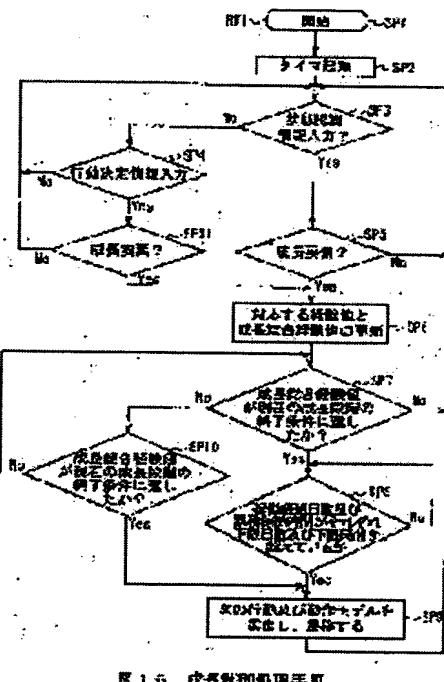
(21)Application number : 2000-350275 (71)Applicant : SONY CORP
(22)Date of filing : 11.10.2000 (72)Inventor : INOUE MAKOTO

(54) ROBOT DEVICE AND CONTROL METHOD FOR IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a robot device capable of improving an amusement property and a control method for it.

SOLUTION: In this robot device and control method for it, the growth level is varied gradually according to at least either input history from the outside or the history of an own behavior operation. While the occurrence of elements related to the growth level among the input from the outside and the own behavior or operation is counted, and the elapsed time from the reference point of time is measured, according to the count value of occurrence of element related to the growth level and the measured value of elapsed time, the variation of the growth level is controlled.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-120179

(P2002-120179A)

(43) 公開日 平成14年4月23日 (2002.4.23)

(51) Int.Cl.
B 25 J 13/00
A 63 H 11/00
B 25 J 5/00

識別記号

F I
B 25 J 13/00
A 63 H 11/00
B 25 J 5/00

マークコード(参考)
Z 2 C 1 5 0
Z 3 F 0 5 9
C 3 F 0 6 0

審査請求 未請求 請求項の数8 書面 (全20頁)

(21) 出願番号 特願2000-350275(P2000-350275)

(22) 出願日 平成12年10月11日 (2000.10.11)

(71) 出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号
(72) 発明者 井上 真
東京都品川区北品川6丁目7番35号ソニー
株式会社内
(74) 代理人 100082740
弁理士 田辺 恵基
Fターム(参考) 2C150 CA02 DA05 DF01 DF33 DG22
DJ08 ED32 EF16 EF21 EF23
EF28 FA01 FA02 FA03
3F059 AA00 BA02 BB06
3F060 AA00 CA14

(54) 【発明の名称】 ロボット装置及びその制御方法

(57) 【要約】

【課題】本発明は、アミューズメント性を向上させ得るロボット装置及びその制御方法を実現しようとするものである。

【解決手段】外部からの入力履歴と自己の行動及び又は動作履歴との少なくとも一方に基づいて、成長レベルを段階的に変化させるロボット装置及びその制御方法において、外部からの入力と自己の行動及び又は動作とのうち成長レベルに関与する要素の発生をカウントすると共に、基準時点からの経過時間を計測しながら、成長レベルに関与する要素の発生のカウント値と経過時間の計測値とに基づいて、成長レベルの変化を制御するようにした。

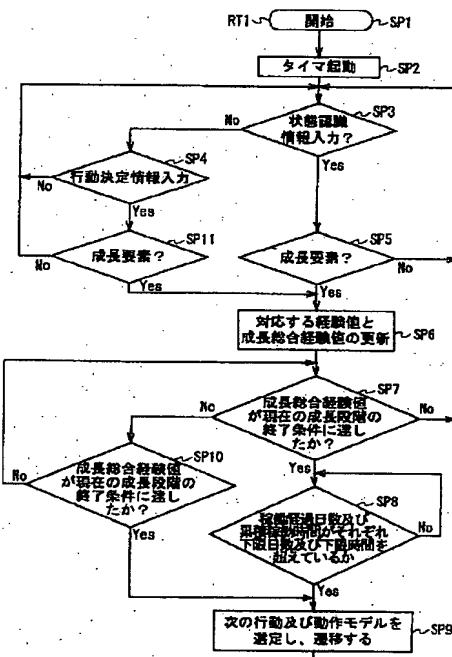


図16 成長制御処理手順

【特許請求の範囲】

【請求項1】外部からの入力履歴と自己の行動及び又は動作履歴との少なくとも一方に基づいて、成長レベルを段階的に変化させるロボット装置において、上記外部からの入力と上記自己の行動及び又は動作とのうち上記成長レベルに関与する要素の発生をカウントするカウント手段と、基準時点からの経過時間を計測する時間計測手段と、上記カウント手段のカウント値と上記時間計測手段の計測値とに基づいて、上記成長レベルの変化を制御する制御手段とをえることを特徴とするロボット装置。

【請求項2】上記制御手段は、上記カウント手段のカウント値が各上記段階ごとに設定された所定の閾値を越えたことを前提に、上記時間計測手段の計測値が各上記段階ごとに設定された所定の基準値を越えたとき、上記成長レベルを変化させることを特徴とする請求項1に記載のロボット装置。

【請求項3】上記時間計測手段は、上記基準時点からの経過時間のうちの稼働時間の累積値を求め、

上記制御手段は、上記カウント手段のカウント値が各上記段階ごとに設定された所定の閾値を越えたことを前提に、上記時間計測手段の計測値及び累積値が各上記段階ごとに設定された所定の各基準値をそれぞれ越えたとき、上記成長レベルを変化させることを特徴とする請求項1に記載のロボット装置。

【請求項4】上記制御手段は、上記カウント手段のカウント値が各上記段階ごとに設定された所定の閾値を越えたか否かにかかわらず、上記時間計測手段の計測値が各上記段階ごとに設定された所定の基準値を越えたとき、上記成長レベルを変化させることを特徴とする請求項1に記載のロボット装置。

【請求項5】外部からの入力履歴と自己の行動及び又は動作履歴との少なくとも一方に基づいて、成長レベルを段階的に変化させるロボット装置の制御方法において、上記外部からの入力と上記自己の行動及び又は動作とのうち上記成長レベルに関与する要素の発生をカウントすると共に、基準時点からの経過時間を計測する第1のステップと、

上記成長レベルに関与する要素の発生のカウント値と上記経過時間の計測値とに基づいて、上記成長レベルの変化を制御する第2のステップとをえることを特徴とするロボット装置の制御方法。

【請求項6】上記第2のステップでは、上記カウント値が各上記段階ごとに設定された所定の閾値を越えたことを前提に、上記経過時間の計測値が各上記段階ごとに設定された所定の基準値を越えたとき、上記成長レベルを変化させることを特徴とする請求項5に記載のロボット装置の制御方法。

【請求項7】上記第1のステップでは、

上記基準時点からの経過時間のうちの稼働時間の累積値を求め、

上記第2のステップでは、

上記カウント値が各上記段階ごとに設定された所定の閾値を越えたことを前提に、上記経過時間の計測値及び上記稼働時間の累積値が各上記段階ごとに設定された所定の各基準値をそれぞれ越えたとき、上記成長レベルを変化させることを特徴とする請求項5に記載のロボット装置の制御方法。

【請求項8】上記第2のステップでは、

上記カウント値が各上記段階ごとに設定された所定の閾値を越えたか否かにかかわらず、上記経過時間の計測値が各上記段階ごとに設定された所定の基準値を越えたとき、上記成長レベルを変化させることを特徴とする請求項5に記載のロボット装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はロボット装置及びその制御方法に関し、例えばペットロボットに適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】近年、ユーザからの指令や周囲の環境に応じて行動を行う4足歩行型のペットロボットが本願出願人から提案及び開発されている。かかるペットロボットは、一般家庭において飼育される犬や猫に似た形状を有し、ユーザからの指令や周囲の環境に応じて自律的に行動するものである。なお以下においては、動作の集合を行動と定義して使用するものとする。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところでかかるペットロボットにおいて、本物の犬や猫などのように、例えば「幼児期」、「少年期」、「青年期」及び「成人期」の各世代間を段階的に遷移しながら「成長」する機能を搭載することができれば、より一層の親近感や満足感をユーザに与えてペットロボットとしてのアミューズメント性をより向上させることができるものと考えられる。

【0004】このような「成長」機能が搭載されたペットロボットにおいて、ユーザが「叩く」や「撫でる」などの働きかけを行ったり、ユーザがサウンドコマンドを用いて指令を与えたり、当該ペットロボットがボールを用いて遊んだりするに従って行動及び動作が段階的に世代間を遷移しながら「成長」するようになされている。

【0005】この場合、ユーザからの働きかけや自己の行動及び動作を逐次カウントしながら各回数を基に経験値を算出し、当該経験値が所定の閾値を超えるごとに現世代から次世代に遷移するようになされている。

【0006】ところが、このような「成長」機能によると、ユーザの使用頻度が非常に高い場合には、ペットロボットの「成長」が極端に早すぎるため、ユーザが本物

の犬や猫などのペットを育てる感覚とはかけ離れてしまうこととなり、ペットとしての親近感や満足感をユーザが得難くなるおそれがあった。さらにはユーザがペットロボットの行動や動作に慣れて飽きてしまうおそれもあった。

【0007】一方、ユーザが使用頻度が非常に少ない場合には、ペットロボットの「成長」が極端に遅すぎるため、当該ペットロボット1の行動及び動作がほとんど変化しない状態が続くこととなり、かかるペットロボットに対するユーザの育成意欲を損なうおそれがあった。

【0008】さらにはユーザがペットロボットに対して通常の使用形態を継続している場合であっても、ユーザの使用環境に起因してペットロボットが有する機能の一部の成長が非常に遅くなるおそれがあった。例えばペットロボットが室内照明がカラー光である環境下で使用され続けた場合には、ピンク色のボールを追いかける機能を有していても、当該ボールがピンク色と異なる色に変色した状態になり、ペットロボットがこのボールに反応しなくなるおそれがあった。

【0009】本発明は以上の点を考慮してなされたもので、アミューズメント性を向上させ得るロボット装置及びその制御方法を提案しようとするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】かかる課題を解決するため本発明においては、外部からの入力履歴と自己の行動及び又は動作履歴との少なくとも一方に基づいて、成長レベルを段階的に変化させるロボット装置において、外部からの入力と自己の行動及び又は動作とのうち成長レベルに関与する要素の発生をカウントするカウント手段と、基準時点からの経過時間を計測する時間計測手段と、カウント手段のカウント値と時間計測手段の計測値とに基づいて、成長レベルの変化を制御する制御手段とを設けるようにした。

【0011】この結果このロボット装置では、ユーザの使用頻度が非常に高い場合には極端に早く成長レベルが変化するのを防止することができる一方、ユーザの使用頻度が非常に少ない場合には極端に遅く成長レベルが変化するのを防止することができ、かくしてペットとしての親近感や満足感をユーザに与えると共に、ユーザの育成意欲を損なうのを防止することができる。

【0012】また本発明においては、時間計測手段は、基準時点からの経過時間のうちの稼働時間の累積値を求め、制御手段は、カウント手段のカウント値が各段階ごとに設定された所定の閾値を越えたことを前提に、時間計測手段の計測値及び累積値が各段階ごとに設定された所定の各基準値をそれぞれ越えたとき、成長レベルを変化させるようにした。

【0013】この結果このロボット装置では、ユーザの使用頻度が非常に高い場合であっても、極端に早く成長レベルが変化するのを防止することができ、かくしてユ

ーザが本物の犬や猫などのペットを育てる感覚とほぼ同じような感覚を与えることができ、かくしてペットとしての親近感や満足感をユーザに与えることができる。

【0014】さらに本発明においては、制御手段は、カウント手段のカウント値が各段階ごとに設定された所定の閾値を越えたか否かにかかわらず、時間計測手段の計測値が各段階ごとに設定された所定の基準値を越えたとき、成長レベルを変化させるようにした。

【0015】この結果このロボット装置では、ユーザの使用頻度が非常に少ない場合であっても、極端に遅く成長レベルが変化するのを防止することができ、ユーザによる使用頻度が非常に少ない場合であっても、その行動及び動作がほとんど変化しない状態のままということがないため、ユーザの育成意欲を損なうのを防止することができる。

【0016】さらに本発明においては、外部からの入力履歴と自己の行動及び又は動作履歴との少なくとも一方に基づいて、成長レベルを段階的に変化させるロボット装置の制御方法において、外部からの入力と自己の行動及び又は動作とのうち成長レベルに関与する要素の発生をカウントすると共に、基準時点からの経過時間を計測しながら、成長レベルに関与する要素の発生のカウント値と経過時間の計測値とに基づいて、成長レベルの変化を制御するようにした。

【0017】この結果このロボット装置の制御方法では、ユーザの使用頻度が非常に高い場合にはロボット装置が極端に早く成長レベルが変化するのを防止することができる一方、ユーザの使用頻度が非常に少ない場合にはロボット装置が極端に遅く成長レベルが変化するのを防止することができ、かくしてペットとしての親近感や満足感をユーザに与えると共に、ユーザの育成意欲を損なうのを防止することができる。

【0018】さらに本発明においては、カウント値が各段階ごとに設定された所定の閾値を越えたことを前提に、基準時点からの経過時間の計測値及び当該経過時間のうちの稼働時間の累積値が各段階ごとに設定された所定の各基準値をそれぞれ越えたとき、成長レベルを変化させるようにした。

【0019】この結果このロボット装置の制御方法では、ユーザの使用頻度が非常に高い場合であっても、ロボット装置が極端に早く成長レベルが変化するのを防止することができ、かくしてユーザが本物の犬や猫などのペットを育てる感覚とほぼ同じような感覚を与えることができ、かくしてペットとしての親近感や満足感をユーザに与えることができる。

【0020】さらに本発明においては、カウント値が各段階ごとに設定された所定の閾値を越えたか否かにかかわらず、基準時点からの経過時間の計測値が各段階ごとに設定された所定の基準値を越えたとき、成長レベルを変化させるようにした。

【0021】この結果このロボット装置では、ユーザの使用頻度が非常に少ない場合であっても、極端に遅く成長レベルが変化するのを防止することができ、ユーザによる使用頻度が非常に少ない場合であっても、その行動及び動作がほとんど変化しない状態のままということがないため、ユーザの育成意欲を損なうのを防止することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下図面について、本発明の一実施の形態を詳述する。

【0023】(1) 本実施の形態によるペットロボットの構成

図1において、1は全体として本実施の形態によるペットロボットを示し、胴体部ユニット2の前後左右にそれぞれ脚部ユニット3A～3Dが連結されると共に、胴体部ユニット2の前後部及び後端部にそれぞれ頭部ユニット4及び尻尾部ユニット5が連結されることにより構成されている。

【0024】この場合胴体部ユニット2には、図2に示すように、このペットロボット1全体の動作を制御するコントローラ10と、このペットロボット1の動力源としてのバッテリ11と、バッテリセンサ12、熱センサ13及び加速度センサ14等からなる内部センサ部15などが収納されている。

【0025】また頭部ユニット4には、このペットロボット1の「耳」に相当するマイクロホン16、「目」に相当するCCD(Charge Coupled Device)カメラ17及びタッチセンサ18からなる外部センサ部19と、「口」に相当するスピーカ20などがそれぞれ所定位置に配設されている。

【0026】さらに各脚部ユニット3A～3Dの関節部分や、各脚部ユニット3A～3D及び胴体部ユニット2の各連結部分、頭部ユニット4及び胴体部ユニット2の連結部分、並びに尻尾部ユニット5及び胴体部ユニット2の連結部分などには、それぞれアクチュエータ211～21nが配設されている。

【0027】そして外部センサ部19のマイクロホン16は、ユーザから図示しないサウンドコマンダを介して音階として与えられる「歩け」、「伏せ」又は「ボールを追いかける」などの指令音を集めし、得られた音声信号S1Aをコントローラ10に送出する。またCCDカメラ17は、周囲の状況を撮像し、得られた画像信号S1Bをコントローラ10に送出する。

【0028】さらにタッチセンサ18は、図1において明らかなように、頭部ユニット4の上部に設けられており、ユーザからの「撫でる」や「叩く」といった物理的な働きかけにより受けた圧力を検出し、検出結果を圧力検出信号S1Cとしてコントローラ10に送出する。

【0029】また内部センサ部15のバッテリセンサ12には、バッテリ11のエネルギー残量を検出し、検出

結果をバッテリ残量検出信号S2Aとしてコントローラ10に送出する。また温度センサ13は、ペットロボット1内部の温度を検出し、検出結果を温度検出信号S2Bとしてコントローラ10に送出する。さらに加速度センサ14には、3軸方向(X軸方向、Y軸方向及びZ軸方向)の加速度を検出し、検出結果を加速度検出信号S2Cとしてコントローラ10に送出する。

【0030】コントローラ10は、外部センサ部19から与えられる音声信号S1A、画像信号S1B及び圧力検出信号S1C等(以下、これらをまとめて外部情報信号S1と呼ぶ)と、内部センサ部15から与えられるバッテリ残量信号S2A、温度検出信号S2B及び加速度検出信号S2C等(以下、これらをまとめて内部情報信号S2と呼ぶ)とに基づいて、外部及び内部の状態や、ユーザからの指令及び働きかけの有無などを判断する。

【0031】そしてコントローラ10は、この判断結果と、予めメモリ10Aに格納されている制御プログラムとに基づいて続く行動を決定し、当該決定結果に基づいて必要なアクチュエータ211～21nを駆動させることにより、頭部ユニット4を上下左右に振らせたり、尻尾部ユニット5の尻尾5Aを動かせたり、各脚部ユニット3A～3Dを駆動して歩行させるなどの行動や動作を行わせる。

【0032】またこの際コントローラ10は、必要に応じて音声信号S3を生成してこれをスピーカ20に与えることにより、当該音声信号S3に基づく音声を外部に出力させたり、このペットロボット1の「目」の位置に配設された図示しないLED(Light Emission Diode)を点滅させる。

【0033】このようにしてこのペットロボット1においては、外部及び内部の状態や、ユーザからの指令及びユーザからの働きかけの有無などに応じて自律的に行動することができるようになされている。

【0034】またコントローラ10は、ユーザがペットロボット1を購入後最初に電源オン状態にした時点からタイマ10Bを起動させて、当該日を基準とした経過日数を日単位でカウントして、当該経過日数(以下、これを稼働経過日数と呼ぶ)をメモリ10Aに記憶しておく。さらにコントローラ10は、ユーザが電源オン状態にする毎にタイマ10Bを起動させて、そのときの稼働時間を分単位でカウントして、これらの累積時間(以下、これを累積稼働時間と呼ぶ)をメモリ10Aに更新して記憶しておくようになされている。

【0035】かかる構成に加えてこのペットロボット1の場合、ユーザからの働きかけやサウンドコマンダを用いた指令などの操作入力の履歴と、自己の行動及び動作履歴と、初期起動時から現時点までの稼働経過日数及び累積稼働時間とに応じて、あたかも本物の動物が「成長」するかのごとく行動や動作を変化させるようになされている。

【0036】すなわちこのペットロボット1には、図3に示すように、成長過程として「幼年期」、「少年期」、「青年期」及び「成人期」の4つの「成長段階」が設けられている。そしてコントローラ10のメモリ10Aには、これら各「成長段階」ごとに、「歩行状態」、「モーション（動き）」、「行動」及び「サウンド（鳴き声）」の4つの項目に関する行動及び動作の基礎となる各制御パラメータ及び制御プログラム等からなる行動及び動作モデルが予め格納されている。

【0037】そしてコントローラ10は、初期時には「幼年期」の行動及び動作モデルに従って、例えば「歩行状態」については歩幅を小さくしたり、歩行周期を短くしたり、又は游脚高さを低くするなどして「よちよち歩き」となるように、「モーション」については単に「歩く」、「立つ」、「寝る」程度の「単純」な動きとなるように、「行動」については同じ行動を繰り返し行うようにするなどして「単調」な行動となるように、また「サウンド」については音声信号S3の増幅率を低下させるなどして「小さく短い」鳴き声となるように、各アクチュエータ211～21n及び音声出力を制御する。

【0038】またこの際コントローラ10は、サウンドコマンドを用いた指令入力と、「撫でる」及び「叩く」に該当するタッチセンサ18を介してセンサ入力及び決められた行動及び動作の成功回数などでなる強化学習と、「撫でる」及び「叩く」に該当しないタッチセンサ18を介してのセンサ入力と、「ボールで遊ぶ」などの所定の行動及び動作などの予め決められた「成長」に関与する複数の要素（以下、これを成長要素と呼ぶ）について、その発生を常時監視してカウントする。

【0039】そしてコントローラ10は、これら成長要素の累積度数に基づいて、各成長要素の累積度数の合計値（以下、これを成長要素の総合経験値と呼ぶ）が予め設定された閾値を超えたと判断すると共に、初期起動時から現時点までの稼働経過日数が3日以上であり、かつ初期起動時から現時点までの累積稼働時間が360分以上であるか否かを判断した場合には、使用する行動及び動作モデルを「幼年期」の行動及び動作モデルよりも成長レベルが高い「少年期」の行動及び動作モデルに変更する。

【0040】そしてコントローラ10は、この後この「少年期」の行動及び動作モデルに従って、例えば「歩行状態」については各アクチュエータ211～21nの回転度数を速くしたり、歩行周期を長くしたり、又は游脚高さを高くするなどして「少しあはしっかり」と歩くように、「モーション」については動きの数を増加させるなどして「少しあは高度かつ複雑」な動きとなるように、「行動」については前の行動を参照して次の行動を決定するようにするなどして「少しあは目的」をもった行動となるように、また「サウンド」については音声信号S3

の長さを延ばしかつ増幅率を上げるなどして「少しあは長く大きい」鳴き声となるように、各アクチュエータ211～21nやスピーカ20からの音声出力を制御する。

【0041】さらにコントローラ10は、この後これと同様にして、成長要素の総合経験値「青年期」や「成人期」にそれぞれ対応させて予め設定された各閾値を超えると共に、初期起動時から現時点までの稼働経過日数及び累積稼働時間がそれぞれ所定日及び所定時間経過するごとに、行動及び動作モデルをより成長レベルの高い「青年期」又は「成人期」の行動及び動作モデルに順次変更し、当該行動及び動作モデルに従って各アクチュエータ211～21nの回転速度を変化させ、歩行周期を長くし又は遊脚高さを高くするなどしたり、スピーカ20に与える音声信号S3の長さや増幅率を徐々に上げたり、1つの動作を行う際の各アクチュエータ211～21nの回転量などを変化させる。

【0042】この結果ペットロボット1は、「成長段階」が上がる（すなわち「幼年期」から「少年期」、「少年期」から「青年期」、「青年期」から「成人期」に変化する）に従って、「歩行状態」が「よちよち歩き」から「しっかりした歩き」に、「モーション」が「単純」から「高度・複雑」に、「行動」が「単調」から「目的をもって行動」に、かつ「サウンド」が「小さく短い」から「長く大きい」に段階的に変化する。

【0043】このようにしてこのペットロボット1においては、外部からの入力や自己の行動及び動作の履歴と、初期起動時から現時点までの稼働経過日数及び累積稼働時間とに応じて、「幼年期」、「少年期」、「青年期」及び「成人期」の4段階で「成長」するようになされている。

【0044】なおこの実施の形態の場合、図3からも明らかなように、「少年期」、「青年期」及び「成人期」の各「成長段階」について、それぞれ複数の行動及び動作モデルが用意されている。

【0045】実際上、例えば「少年期」の行動及び動作モデルとして、動きが雑で速い「荒々しい」行動様式の行動及び動作を行う行動及び動作モデル（Child1）と、これよりも動きが滑らかで遅い「おっとり」とした行動様式の行動及び動作を行う行動及び動作モデル（Child2）とが設けられている。

【0046】また「青年期」の行動及び動作モデルとして、「少年期」の「荒々しい」行動様式よりもより動きが雑で速い「いいらいら」とした行動様式の行動及び動作を行う行動及び動作モデル（Young1）と、これよりも動きが遅くかつ滑らかな「普通」の行動様式の行動及び動作を行う行動及び動作モデル（Young2）と、これよりも一層動きが遅く、かつ行動量が少ない「おっとり」とした行動様式の行動及び動作を行う行動及び動作モデル（Young3）とが設けられている。

【0047】さらに「成人期」の行動及び動作モデルとして、それぞれ「青年期」の「いらいら」した行動様式よりも動きが雑で速く、かつユーザからの指令に応じた動作を行い難い「攻撃的」な行動様式の行動及び動作を行う行動及び動作モデル（Adult 1）と、これよりも動きが滑らかで遅く、かつユーザからの指令に応じた動作を行い易い「少し荒々しい」行動様式の行動及び動作を行う行動及び動作モデル（Adult 2）と、これよりも動きが滑らかで遅く、行動量が少なく、かつユーザからの指令に応じた動作を必ず行う「少しおとなしい」行動様式の行動及び動作を行う行動及び動作モデル（Adult 3）と、これよりもさらに一層動きが遅く、行動量が少なく、かつユーザからの指令に応じた動作を必ず行う「おとなしい」行動様式の行動及び動作を行う行動及び動作モデル（Adult 4）とが設けられている。

【0048】そしてコントローラ10は、「成長段階」を上げる際、各成長要素の累積度数に基づいて次の「成長段階」内の各行動及び動作モデルの中から1つの行動及び動作モデルを選択して、使用する行動及び動作モデルを当該選択した行動及び動作モデルに変更するようになされている。

【0049】この場合「少年期」以降では、次の「成長段階」に移る際、現在の「成長段階」の行動及び動作モデルから遷移できる次の「成長段階」の行動及び動作モデルは決まっており、図3において矢印で結ばれた行動及び動作モデル間の遷移しかできない。従って例えば「少年期」において「荒々しい」行動及び動作を行う行動及び動作モデル（Child 1）が選択されている場合には、「青年期」において「おっとり」とした行動及び動作を行う行動及び動作モデル（Young 3）に遷移することができない。

【0050】このようにこのペットロボット1においては、あたかも本物の動物が飼い主の飼育の仕方等によって行動様式を形成してゆくかのごとく、ユーザからの働きかけ及び指令の入力履歴や自己の行動及び動作履歴に応じて、「成長」に伴って「行動様式」をも変化させるようになされている。

【0051】(2) コントローラ10の処理
次にこのペットロボット1におけるコントローラ10の具体的な処理について説明する。

【0052】コントローラ10の処理内容を機能的に分類すると、図4に示すように、外部及び内部の状態を認識する状態認識機構部30と、状態認識機構部30の認識結果に基づいて感情及び本能の状態を決定する感情・本能モデル部31と、状態認識機構部30の認識結果及び感情・本能モデル部31の出力に基づいて続く行動や動作を決定する行動決定機構部32と、行動決定機構部32により決定された行動や動作を行うためのペットロボット1の一連の動作計画を立てる姿勢遷移機構部33

と、姿勢遷移機構部33により立てられた動作計画に基づいてアクチュエータ211～21nを制御するデバイス制御部34と、「成長」を制御する成長制御機構部35とに分けることができる。

【0053】以下、これら状態認識機構部30、感情・本能モデル部31、行動決定機構部32、姿勢遷移機構部33、デバイス制御機構部34及び成長制御機構部35について詳細に説明する。

【0054】(2-1) 状態認識機構部30の構成
状態認識機構部30は、外部センサ部19(図2)から与えられる外部情報信号S1と、内部センサ部15から与えられる内部情報信号S2に基づいて特定の情報を認識し、認識結果を状態認識情報S10として感情・本能モデル部31及び行動決定機構部32に通知する。

【0055】実際上、状態認識機構部30は、外部センサ部19のマイクロホン16(図2)から与えられる音声信号S1Aを常時監視し、当該音声信号S1Aのスペクトラムとして「歩け」、「伏せ」、「ボールを追いかけろ」などの指令に応じてサウンドコマンダから出力される指令音と同じ音階のスペクトラムを検出したときにその指令が与えられたと認識し、認識結果を感情・本能モデル部31及び行動決定機構部32に通知する。

【0056】また状態認識機構部30は、CCDカメラ17(図2)から与えられる画像信号S1Bを常時監視し、当該画像信号S1Bに基づく画像内に例えば「赤い丸いもの」や「地面に対して垂直かつ所定高さ以上の平面」を検出したときには「ボールがある」、「壁がある」と認識し、認識結果を感情・本能モデル部31及び行動決定機構部32に通知する。

【0057】さらに状態認識機構部30は、タッチセンサ18(図2)から与えられる圧力検出信号S1Cを常時監視し、当該圧力検出信号S1Cに基づいて所定の閾値以上のかつ短時間(例えば2秒未満)の圧力を検出したときには「叩かれた(叱られた)」と認識し、所定の閾値未満のかつ長時間(例えば2秒以上)の圧力を検出したときには「撫でられた(誉められた)」と認識し、認識結果を感情・本能モデル部31及び行動決定機構部32に通知する。

【0058】一方、状態認識機構部30は、内部センサ部15の加速度センサ14(図2)から与えられる加速度検出信号S2Cを常時監視し、当該加速度検出信号S2Cに基づいて例えば予め設定された所定レベル以上の加速度を検出したときには「大きな衝撃を受けた」と認識する一方、これよりもさらに大きい重力加速度程度の加速度を検出したときには「(机等から)落ちた」と認識し、これら認識結果を感情・本能モデル部31及び行動決定機構部32に通知する。

【0059】また状態認識機構部30は、温度センサ13(図2)から与えられる温度検出信号S2Bを常時監視し、当該温度検出信号S2Bに基づいて所定以上の温

度を検出したときには「内部温度が上昇した」と認識し、認識結果を感情・本能モデル部31及び行動決定機構部32に通知する。

【0060】(2-2) 感情・本能モデル部31の処理
感情・本能モデル部31は、図6に示すように、「喜び」、「悲しみ」、「驚き」、「恐怖」、「嫌悪」及び「怒り」の6つの情動にそれぞれ対応させて設けられた感情モデルとしての情動ユニット40A～40Fからなる基本情動群40と、「食欲」、「愛情欲」、「探索欲」及び「運動欲」の4つの欲求にそれぞれ対応させて設けられた欲求モデルとしての欲求ユニット41A～41Dからなる基本欲求群41と、各情動ユニット40A～40F及び各欲求ユニット41A～41Dにそれぞれ対応して設けられた強度増減閾数42A～42Jとを有している。

【0061】そして各情動ユニット40A～40Fは、対応する情動の度合いを例えば0～100レベルまでの強度によってそれぞれ表し、当該強度を対応する強度増減閾数42A～42Fから与えられる強度情報S11A～S11Fに基づいて時々刻々と変化させる。

【0062】また各欲求ユニット41A～41Dは、情動ユニット40A～40Fと同様に、対応する欲求の度合いを0～100レベルまでの強度によってそれぞれ表し、当該強度を対応する強度増減閾数42G～42Jから与えられる強度情報S12G～S12Jに基づいて時々刻々と変化させる。

【0063】そして感情・本能モデル31は、これら情動ユニット40A～40Fの強度を組み合わせることにより感情の状態を決定すると共に、これら欲求ユニット41A～41Dの強度を組み合わせることにより本能の状態を決定し、当該決定した感情及び本能の状態を感情・本能状態情報S12として行動決定機構部32に出力する。

【0064】なお強度増減閾数42A～42Jは、状態認識機構部30から与えられる状態認識情報S10と、後述の行動決定機構部32から与えられるペットロボット1自身の現在又は過去の行動の内容を表す行動情報S13とに基づき、予め設定されているパラメータに応じて上述のように各情動ユニット40A～40F及び各欲求ユニット41A～41Dの強度を増減させるための強度情報S11A～S11Jを生成して出力するような閾数である。

【0065】かくしてペットロボット1においては、これら強度増減閾数42A～42Jのパラメータを各行動及び動作モデル(Baby 1、Child 1、Child 2、Young 1～Young 3、Adult 1～Adult 4)ごとに異なる値に設定することによって、ペットロボット1に「いらいら」や「おとなしい」のような性格をもたせることができるようになされている。

【0066】(2-3) 行動決定機構部32の処理

行動決定機構部32は、各行動及び動作モデル(Baby 1、Child 1、Child 2、Young 1～Young 3、Adult 1～Adult 4)にそれぞれ対応させて、複数の行動モデルをメモリ10A内に有している。

【0067】そして行動決定機構部32は、状態認識機構部30から与えられる状態認識情報10と、感情・本能モデル部31の各情動ユニット40A～40F及び各欲求ユニット41A～41Dの強度と、対応する行動モデルとに基づいて次の行動や動作を決定し、決定結果を行動決定情報S14として姿勢遷移機構部33及び成長制御機構部35に出力する。

【0068】この場合、行動決定機構部32は、次の行動や動作を決定する手法として、図7に示すような1つのノード(状態)NDA0から同じ又は他のどのノードNDA0～NDA_nに遷移するかを各ノードNDA0～NDA_n間を接続するアーケARA0～ARA_nに対してそれぞれ設定された遷移確率P0～Pnに基づいて確率的に決定する確率オートマトンと呼ばれるアルゴリズムを用いる。

【0069】より具体的には、メモリ10Aには行動モデルとして、各ノードNDA0～NDA_nごとの図8に示すような状態遷移表50が格納されており、行動決定機構部32がこれに状態遷移表50に基づいて次の行動や動作を決定するようになされている。

【0070】ここで状態遷移表50においては、そのノードNDA0～NDA_nにおいて遷移条件とする入力イベント(認識結果)が「入力イベント」の行に優先順に列記され、その遷移条件についてのさらなる条件が「データ名」及び「データ範囲」の行における対応する列に記述されている。

【0071】従って図8の状態遷移表50で定義されたノードND100では、「ボールを検出した(BALL)」という認識結果が与えられた場合に、当該認識結果と共に与えられるそのボールの「大きさ(SIZE)」が「0から1000の範囲(0, 1000)」であることや、「障害物を検出(OBSTACLE)」という認識結果が与えられた場合に、当該認識結果と共に与えられるその障害物までの「距離(DISTANCE)」が「0から100の範囲(0, 100)」であることが他のノードに遷移するための条件となっている。

【0072】またこのノードND100では、認識結果の入力がない場合においても、行動決定機構部が周期的に参照する感情・本能モデル部31の各情動ユニット40A～40F及び各欲求ユニット41A～41Dの強度のうち、「喜び(JOY)」、「驚き(SURPRISE)」又は「悲しみ(SADNESS)」のいずれかの情動ユニット40A～40Fの強度が「50から100の範囲(50, 100)」であるときには他のノードに

遷移することができる。

【0073】また状態遷移表50では、「他のノードへの遷移確率」の欄における「遷移先ノード」の列にそのノードNDA0～NDA_nから遷移できるノード名が列記されると共に、「入力イベント名」、「データ値」及び「データの範囲」の各行に記述された全ての条件が揃ったときに遷移できる他の各ノードNDA0～NDA_nへの遷移確率が「他のノードへの遷移確率」の欄における「出力行動」の行に記述される。なお「他のノードへの遷移確率」の欄における各行の遷移確率の和は100[%]となっている。

【0074】従ってこの例のノードNODE100では、例えば「ボールを検出(BALL)」し、そのボールの「大きさ(SIZE)」が「0から1000の範囲(0, 1000)」であるという認識結果が与えられた場合には、「30[%]」の確率で「ノードNODE120(node 120)」に遷移でき、そのとき「ACTION 1」の行動や動作が出力されることとなる。

【0075】そして各行動モデルは、それぞれこのような状態遷移表50として記述されたノードNDA0～NDA_nがいくつも繋がるようにして構成されている。

【0076】かくして行動決定機構部32は、状態認識機構部30から状態認識情報S10が与えられたときや、最後に行動を発現してから一定時間が経過したときなどに、メモリ10Aに格納されている対応する行動モデルのうちの対応するノードNDA0～NDA_nの状態遷移表50を利用して次の行動や動作（「出力行動」の行に記述された行動や動作）を確率的に決定し、決定結果を行動指令情報S14として姿勢遷移機構部33及び成長制御機構部35に出力するようになされている。

【0077】(2-4) 姿勢遷移機構部33の処理
姿勢遷移機構部33は、行動決定機構部32から行動決定情報S14が与えられると、当該行動決定情報S14に基づく行動や動作を行うためのペットロボット1の一連の動作計画を立て、当該動作計画に基づく動作指令情報S15を制御機構部34に出力する。

【0078】この場合姿勢遷移機構部33は、動作計画を立てる手法として、図9に示すようなペットロボット1がとり得る姿勢をそれぞれノードNDB0～NDB2とし、遷移可能なノードNDB0～NDB2間を動作を表す有向アーケARB0～ARB2で結び、かつ1つのノードNDB0～NDB2間で完結する動作を自己動作アーケARC0～ARC2として表現する有向グラフを用いる。

【0079】このためメモリ10Aには、このような有向グラフの元となる、当該ペットロボット1が発現できる全ての動作の始点姿勢及び終了姿勢をデータベース化したファイル（以下、これをネットワーク定義ファイルと呼ぶ）のデータが格納されており、姿勢遷移機構部3

3は、このネットワーク定義ファイルに基づいて、図10～図13に示すような全身用、頭部用、脚部用及び尻尾部用の各有向グラフ60～63をそれぞれ生成する。

【0080】なおこの図10～図13からも明らかなように、このペットロボット1においては、姿勢が大きく「立つ(oStanding)」、「すわる(oSitting)」、「伏せる(oSleeping)」及びバッテリ11(図2)を充電するための図示しない充電台上的姿勢である「ステーション(oStation)」の4つに分類されている。そしてこれら各4つの各姿勢について、各「成長段階」に共通する基本姿勢（二重丸印）と、「幼年期」用、「少年期」用、「青年期」用及び「成人期」用の1又は複数の通常姿勢（丸印）とを有している。

【0081】例えば図10～図13において破線で囲んだ部分は「幼年期」用の通常姿勢を表わすものであるが、このうち図10からも明らかなように、「幼年期」における「伏せる」の通常姿勢として、「oSleeping b(baby)」、「oSleeping b2」～「oSleeping b5」があり、「すわる」の通常姿勢として、「oSitting b」、「oSitting b2」がある。

【0082】そして姿勢遷移機構部33は、行動決定機構部32から「立て」、「歩け」、「お手をしろ」、「頭を揺すれ」、「尻尾を動かせ」などの行動指令が行動指令情報S14として与えられると、対応する有向グラフ60～63を用いて、有向アーケの向きに従いながら現在のノードから指定された姿勢が対応付けられたノード又は指定された動作が対応付けられた有向アーケ若しくは自己動作アーケに至る経路を探索し、当該探索した経路上の各有向アーケにそれぞれ対応付けられた動作を順次行わせるような動作指令を動作指令情報S15として制御機構部34に次々と出力する。

【0083】例えばペットロボット1の現在のノードが全身用の有向グラフ60における「oSitting b」であり、行動決定機構部32から「oSleeping b4」のノードにおいて発現する動作（自己動作アーケa1に対応付けられた動作）の行動指令が姿勢遷移機構部に与えられた場合、姿勢遷移機構部33は、全身用の有向グラフ60上で「oSitting b」のノードから「oSleeping b4」のノードに至る経路を探索し、「oSitting b」のノードから「oSleeping b5」のノードに姿勢を遷移させるための動作指令と、「oSleeping b5」のノードから「oSleeping b3」のノードに姿勢を遷移させるための動作指令と、「oSleeping b3」のノードから「oSleeping b4」のノードに姿勢を遷移させるための動作指令とを動作指令情報S15として制御機構部34に次々と出力し、最後に「oSleeping b4」のノードから

指定された動作が対応付けられた自己動作アーク a_1 を介して「oSleeping b4」のノードに戻るための動作指令を動作指令情報 S 15 として制御機構部 34 に出力する。

【0084】この際、ペットロボット 1 の「成長段階」及び「性格」等に応じて動き（「荒々しい」動き、「おとなしい」動きなど）を変えるために、遷移可能な 2 つのノード間が複数の有向アークによって結ばれていることがあるが、このような場合には、姿勢遷移機構部 33 は、後述の成長制御機構部 35 の制御に基づいてそのときのペットロボット 1 の「成長段階」及び「性格」に応じた有向アークを経路として選択する。

【0085】またこれと同様に、各「成長段階」及び「性格」等に応じて動きを変えるために、あるノードから当該ノードに戻る自己動作アークが複数設けられていることがあるが、このような場合にも姿勢遷移機構部 33 は、上述と同様にしてそのときのペットロボット 1 の「成長段階」及び「性格」に応じた有向アークを経路として選択する。

【0086】なお上述のような姿勢遷移では、途中の姿勢に停留する時間がほとんど「0」であり、従って当該姿勢遷移の途中で他の「成長段階」で使用するノードを経由しても良い。このため姿勢遷移機構部 33 は、現在のノードから目標とするノード又は有向アーク若しくは自己動作アークに至る経路を探索する際、現在の「成長段階」に関わりなく最短の経路を探索する。

【0087】また姿勢遷移機構部 33 は、頭部、脚部又は尻尾部に対する行動指令が与えられた場合には、全身用の有向グラフ 60 に基づいてペットロボット 1 の姿勢を当該行動命令に応じたいずれかの基本姿勢（二重丸印）に戻し、この後対応する頭部、脚部又は尻尾部の有向グラフ 61～63 を用いて頭部、脚部又は尻尾部の姿勢を遷移させるように動作指令情報 S 15 を出力する。

【0088】(2-5) 制御機構部 34 の処理
制御機構部 34 は、姿勢遷移機構部 33 から与えられる動作指令情報 S 15 に基づいて制御信号 S 16 を生成し、当該制御信号 S 16 に基づいて各アクチュエータ 211～21n を駆動制御することにより、ペットロボット 1 に指定された行動や動作を行わせる。

【0089】(2-6) 成長制御機構部 35 の処理
成長制御機構部 35 には、状態認識機構部 30 から外部情報信号 S 2 及び内部情報信号 S 1 に基づいて認識された各種状態が状態認識情報 S 20 として供給される。なおこの各種状態としては、上述のように感情・本能モデル部 31 及び行動決定機構部 32 に通知される特定の状態の他に、例えば「撫でられた」や「叩かれた」に該当しない程度のタッチセンサ 18 を介した入力などがある。

【0090】また成長制御機構部 35 は、状態認識機構部 30 から与えられる状態認識情報 S 20 に基づく各種

状態のうちの「成長段階」を上げる際の参考要素とすべき上述の成長要素をまとめて記述した図 14 (A) に示すようなリスト（以下、これを第 1 の成長要素リストと呼ぶ）70A と、これら成長要素の累積度数をそれぞれカウントするための図 14 (B) のようなカウンターテーブル（以下、これを第 1 の成長要素カウンターテーブルと呼ぶ）70B とをメモリ 10A 内に有している。

【0091】そして成長制御機構部 35 は、状態認識機構部 30 から状態認識情報 S 20 が与えられると、当該状態認識情報 S 20 に基づき得られる状態が成長要素であるか否かを第 1 の成長要素リスト 70A に基づいて判断し、当該状態が成長要素である場合には第 1 の成長要素カウンターテーブル 70B 内の対応するカウント値（経験値）を 1 つ増加させる。

【0092】また成長制御機構部 35 は、上述のように行動決定機構部 32 から与えられる行動指令情報 S 14 に基づき得られる行動のうち、「成長段階」を上げる際の参考要素とすべき上述の成長要素をまとめて記述した図 15 (A) に示すようなリスト（以下、これを第 2 の成長要素リストと呼ぶ）71A と、これら成長要素の累積度数をそれぞれカウントするための図 15 (B) に示すようなカウンターテーブル（以下、これを第 2 の成長要素カウンターテーブルと呼ぶ）71B とをメモリ 10A 内に有している。

【0093】そして成長制御機構部 35 は、行動決定機構部 32 から行動指令情報 S 14 が与えられると、当該行動指令情報 S 14 に基づき得られる行動や動作が成長要素であるか否かを第 2 の成長要素リスト 71A に基づいて判断し、当該行動が成長要素である場合には第 2 の成長要素カウンターテーブル 71B 内の対応するカウント値（経験値）を 1 つ増加させる。

【0094】さらに成長制御機構部 35 は、各「成長段階」ごとに、現在の成長段階から次の成長段階に移行するために必要な稼働経過日数の下限日数及び上限日数と累積稼働時間の下限時間とが予め設定されたテーブル（以下、これを成長移行条件テーブルと呼ぶ）をメモリ 10A 内に有している。

【0095】実際にこの成長移行条件テーブルにおいては、「幼児期」から「少年期」に移行するための成長総合経験値カウンタのカウント値（閾値）は 1000 であり、稼働経過日数の下限日数及び上限日数並びに累積稼働時間の下限時間はそれぞれ 3 日、10 日、360 分に設定されている。また「少年期」から「青年期」に移行するための成長総合経験値カウンタのカウント値（閾値）は 5000 であり、稼働経過日数の下限日数及び上限日数並びに累積稼働時間の下限時間はそれぞれ 15 日、30 日、1800 分に設定されている。さらに「青年期」から「成人期」に移行するための成長総合経験値カウンタのカウント値（閾値）は 20000 であり、稼働経過日数の下限日数及び上限日数並びに累積稼働時間

の下限時間はそれぞれ50日、100日、6000分に設定されている。

【0096】ここで成長制御機構部35は、上述のように第1又は第2の成長要素カウンターテーブル70B、71B内のカウント値を増加させたときには、第1及び第2の成長要素カウンターテーブル70B、71Bとは別に用意した「成長段階」を上げるか否かを判定するためのカウンタ（以下、これを成長総合経験値カウンタと呼ぶ）のカウント値を1つ増加させ、この後当該成長総合経験値カウンタのカウント値が現在の「成長段階」の終了条件として予め設定されたカウント値に達したか否かを判断する。

【0097】そして成長制御機構部35は、成長総合経験値カウンタのカウント値が現在の「成長段階」の終了条件として予め設定されたカウント値に達した場合には、タイマ10Bによってカウントされた現時点での稼働経過日数及び累積稼働時間が、成長移行条件テーブル内の対応する下限日数及び下限時間をそれぞれ越えているか否かを判断する。

【0098】成長制御機構部35は、現時点での稼働経過日数及び累積稼働時間がそれぞれ対応する下限日数及び下限時間を越えている場合には、行動及び動作モデルを次の「成長段階」内のどの行動及び動作モデルに変更するかを第1及び第2の成長要素カウンターテーブル70B、71B内の各カウント値に基づいて決定し、決定結果を変更指令情報S22として感情・本能モデル部31、行動決定機構部32及び姿勢遷移機構部33に通知する。

【0099】一方、成長制御機構部35は、成長総合経験値カウンタのカウント値が現在の「成長段階」の終了条件として予め設定されたカウント値に達していない場合であっても、タイマ10Bによってカウントされた現時点での稼働経過日数が、成長移行条件テーブル内の対応する上限日数を越えていると判断した場合には、成長総合経験値カウンタのカウント値を現在の成長段階の終了条件として予め設定されたカウント値に設定し直した後、行動及び動作モデルを次の「成長段階」内のどの行動及び動作モデルに変更するかを第1及び第2の成長要素カウンターテーブル70B、71B内の各カウント値に基づいて決定し、決定結果を変更指令情報S22として感情・本能モデル部31、行動決定機構部32及び姿勢遷移機構部33に通知する。

【0100】この結果、感情・本能モデル部31は、この変更指令情報S22に基づいて、図6について上述した各強度増減関数42A～42Jのパラメータをそれぞれ指定された行動及び動作モデルの値に変更する。また行動決定機構部32は、変更指令情報S22に基づいて、使用する行動モデルを指定された行動及び動作モデルのものに変更する。さらに姿勢遷移機構部33は、変更指令情報S22に基づいて、この後複数の行動及び動

作モデルに対応した有向アーカや自己動作アーカの中からいずれかの有向アーカや自己動作アーカを選択しなければならないようなときに、指定された行動及び動作モデルの有向アーカや自己動作アーカを選択するように、設定を変更する。

【0101】なおこのことからも分かるように、行動及び動作モデルとは、その「成長段階」におけるその「性格」に対応した感情・本能モデル部31における各強度増減関数42A～42Jのパラメータ値と、行動決定機構部32における行動モデルと、姿勢遷移機構部33における有向アーカや自己動作アーカとなどからなるものである。

【0102】このようにして成長制御機構部35は、ユーザからの働きかけやサウンドコマンドを用いた指令などの操作入力の履歴と、自己の行動及び動作履歴とに応じて、「成長」を制御する。

【0103】このようにしてコントローラ10は、必要に応じて「成長段階」を上げながら、自律的に行動できるようにペットロボット1に行動を生成させる。

【0104】(3) 成長制御処理手順RT1

ここで成長制御機構部35は、図16に示す成長制御処理手順RT1に従ってペットロボット1の「成長段階」を制御する。

【0105】すなわち成長制御機構部35は、一番始めの電源投入後にこの成長制御処理手順RT1をステップSP1において開始し、続くステップSP2においてタイマ10Bを起動させた後、ステップSP3に進んで、状態認識機構部30（図4）から状態認識情報S10が与えられたか否かを判断する。

【0106】成長制御機構部35は、このステップSP3において否定結果を得ると、ステップSP4に進んで行動決定機構部32（図4）から行動決定情報S14が与えられたか否かを判断する。また成長制御機構部35は、このステップSP4において否定結果を得るとステップSP3に戻り、この後ステップSP3又はステップSP4において肯定結果を得るまでステップSP3～SP4～SP3のループを繰り返す。

【0107】そして成長制御機構部35は、やがてステップSP3において肯定結果を得るとステップSP5に進み、状態認識機構部30から与えられた状態認識情報S10に基づき得られる状態が成長要素か否かを判断する。

【0108】そして成長制御機構部35は、このステップSP5において否定結果を得るとステップSP3に戻り、これに対して肯定結果を得るとステップSP6に進んで第1の成長要素リスト70A（図13A）の対応するカウント値と、成長総合経験値カウンタのカウント値とをそれぞれ1ずつ増加させる。

【0109】次いで成長制御機構部35は、ステップSP7に進んで成長総合経験値カウンタのカウント値が現

在の「成長段階」の終了条件として予め設定されたカウント値に達したか否かを判断する。

【0110】そして成長制御機構部35は、このステップSP7において否定結果を得るとステップSP3に戻り、これに対して肯定結果を得るとステップSP8に進んで、タイマ10Bの初期起動時から現時点までの稼働経過日数及び累積稼働時間がそれぞれ現在の「成長段階」の終了条件として予め設定された下限日数及び下限時間を越えているか否かを判断する。

【0111】成長制御機構部35は、このステップSP8において否定結果を得るとステップSP8に戻り、当該ステップSP8において肯定結果を得るまで待つ。そして成長制御機構部35は、やがてステップSP8において肯定結果を得るとステップSP9に進んで、行動及び動作モデルを次の「成長段階」内のどの行動及び動作モデルに遷移するかを決定し、決定結果を感情・本能モデル部31、行動決定機構部32及び姿勢遷移機構部33に通知した後ステップSP3に戻る。

【0112】これに対して成長制御機構部35は、ステップSP7において否定結果を得るとステップSP10に進んで、タイマ10Bの初期起動時から現時点までの稼働経過日数が現在の「成長段階」の終了条件として予め設定された上限日数を越えているか否かを判断する。

【0113】成長制御機構部35は、このステップSP10において否定結果を得るとステップSP7に戻り、この後ステップSP7において肯定結果を得るまでステップSP7-SP10-SP7のループを繰り返す。

【0114】そして成長制御機構部35は、やがてステップSP10において肯定結果を得ると、成長総合経験値カウンタのカウント値を現在の「成長段階」の終了条件として予め設定されたカウント値に設定し直した後、ステップSP9に進んで、行動及び動作モデルを次の「成長段階」内のどの行動及び動作モデルに遷移するかを決定し、決定結果を感情・本能モデル部31、行動決定機構部32及び姿勢遷移機構部33に通知した後ステップSP3に戻る。

【0115】一方、成長制御機構部35は、ステップSP3において肯定結果を得た場合には、ステップSP11に進んで行動決定機構部32から与えられた行動決定情報S13に基づき得られる行動が成長要素であるか否かを判断する。

【0116】そして成長制御機構部35は、このステップSP11において否定結果を得るとステップSP3に戻り、これに対して肯定結果を得るとステップSP6に進んで第2の成長要素リスト71A(図14A)の対応するカウンタ値と、成長総合経験値カウンタのカウンタ値とをそれぞれ1ずつ増加させた後、ステップSP7に進んでこの後上述と同様の処理を実行する。

【0117】(4) 本実施の形態の動作及び効果
以上の構成において、このペットロボット1では、ユー

ザが「たたく」や「なでる」などの働きかけを行ったり、ユーザがサウンドコマンドを用いて指令を与えたる、当該ペットロボット1がボールを用いて遊んだりするに従って行動及び動作が段階的に大人らしく変化する。従ってこのペットロボット1では、単に動くだけのロボットという概念を越えて、より一層の親近感や満足感をユーザに与えることができる。

【0118】またこのペットロボット1ではこのように「成長」する際、ユーザからの入力履歴や自己の行動及び動作履歴に応じて「行動様式」をも変化させるため、ユーザに対してより一層の楽しみを与えることができる。

【0119】さらに、ユーザの入力履歴や自己の行動及び動作履歴が次の「成長段階」への移行条件を満たしている場合であっても、ユーザが購入後最初に電源オン状態にした時点からの稼働経過日数及び累積稼働時間がそれぞれ次の「成長段階」へ移行するために必要な所定の下限日数及び下限時間を経過していない間は、現在の「成長段階」のままに止めておき次の「成長段階」に移行することを抑制することにより、ユーザの使用頻度が非常に高い場合であっても、ペットロボットの「成長」が極端に早くなるのを防止することができる。

【0120】この結果、このペットロボット1では、ユーザが本物の犬や猫などのペットを育てる感覚とほぼ同じような感覚を与えることができ、かくしてペットとしての親近感や満足感をユーザに与えることができる。また早く成長し過ぎた状態になって、その行動や動作に慣れて飽きさせてしまうのを有効に回避することができる。

【0121】一方、ユーザが購入後最初に電源オン状態にした時点からの稼働経過日数が次の「成長段階」へ移行するために必要な所定の上限日数を経過した場合は、ユーザの入力履歴や自己の行動及び動作履歴が次の「成長段階」への移行条件を満たしているか否かにかかわらず、現在の「成長段階」から次の「成長段階」に強制的に移行させることにより、ユーザの使用頻度が非常に少ない場合であっても、ペットロボットの「成長」が極端に遅くなるのを防止することができる。

【0122】この結果、このペットロボット1では、ユーザによる使用頻度が非常に少ない場合であっても、その行動及び動作がほとんど変化しない状態のままということがないため、ユーザの育成意欲を損なうのを防止することができる。

【0123】さらにユーザが通常の使用頻度で使用しているにもかかわらず、ユーザの使用環境に起因してその機能の一部の「成長」が非常に遅くなる場合があつても、次の「成長段階」に移行した際に当該機能の一部が補修されているため、ユーザの使用環境が変化した場合でも、何ら異常なく通常の行動及び動作を行わせることができる。

【0124】例えばペットロボットがピンク色のボールを追いかける機能を有しており、室内照明がカラー光である環境下で使用され続けた場合には、当該ボールをピンク色と異なる色と認識して反応しなくなるのであるが、長期間経過した段階で強制的に次の「成長段階」へ移行させることによって、自然照明下で当該ボールに反応せることができる。

【0125】さらに現時点の「成長段階」から次の「成長段階」へ移行するための移行条件を、ユーザの入力履歴や自己の行動及び動作履歴、稼働経過日数の下限日数及び上限日数、並びに累積稼働時間の下限時間をそれぞれ「成長段階」が進むごとに段階的に大きく又は長くなるように設定したことにより、ユーザがペットロボット1を購入した直後には急速に「成長」することができ、この結果、ユーザに対して購入直後に「成長」による変化を際立たせて一層の興味を引きつけることができる。

【0126】以上の構成によれば、ユーザからの働きかけや、指令の入力及び自己の行動に基づいて「成長」するかのごとく行動及び動作を変化させるようになされたペットロボット1において、ユーザが購入後最初に電源オン状態にした時点からの稼働経過日数及び累積稼働時間にそれぞれ下限を設定しておき、当該下限に満たない間は、ユーザの入力履歴や自己の行動及び動作履歴にかかわらず、次の「成長段階」への移行を抑制するようにしたことにより、ユーザが本物の犬や猫などのペットを育てる感覚とほぼ同じような感覚を持たせることによって、より一層の親近感や満足感をユーザに与えることができ、かくしてアミューズメント性を格段的に向上させ得るペットロボットを実現できる。

【0127】一方、かかるペットロボット1において、ユーザが購入後最初に電源オン状態にした時点からの稼働経過日数に上限を設定しておき、当該上限を超えたときに、ユーザの入力履歴や自己の行動及び動作履歴にかかわらず、次の「成長段階」に強制的に移行させるようにしたことにより、ユーザによる使用頻度が非常に少ない場合であってもユーザの育成意欲を損なうのを防止することができ、かくしてアミューズメント性を格段的に向上させ得るペットロボットを実現できる。

【0128】(5) 他の実施の形態

なお上述の実施の形態においては、図1のように構成された4足歩行型のロボットに適用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他種々の構成のロボットに広く適用することができる。

【0129】この場合において上述の実施の形態においては、外部からの入力履歴と自己の行動及び動作履歴との少なくとも一方に基づいて、成長レベルを段階的に変化させるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、成長レベルを段階的に変化させることができれば、ロボット装置の形態に応じてこの他種々の構成を適用することができる。

【0130】さらに上述の実施の形態においては、ロボット装置1を段階的に「成長」させるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、成長要素の状態を検出したり、成長要素の行動及び又は動作を行うごとに制御パラメータの値を順次変更するようにして、無段階的に「成長」させるようにしても良い。

【0131】さらに上述の実施の形態においては、ロボット装置1を「幼年期」、「少年期」、「青年期」及び「成人期」の4段階に「成長」させるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、その「成長段階」を4以外に設定するようにしても良い。例えば「幼年期」の前世代として「誕生期」を設けた5段階に「成長」させるようにしても良い。

【0132】この場合において、例えば図17に示す成長段階モデルのように、あるセル72において遷移可能条件を満たしたときに隣接するセル72のうち自己の成長レベルよりも高いセル72に遷移するように「成長」させるようにしても良い。

【0133】さらに上述の実施の形態においては、「少年期」以降の各「成長段階」にそれぞれ複数の行動及び又は動作モデルを用意するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、各「成長段階」に1つの行動及び又は動作モデルしか用意しないようにしても良い。

【0134】さらに上述の実施の形態においては、「成長」するに伴って変更する項目を「歩行状態」、「モーション」、「行動」及び「サウンド」の4つにするようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、これ以外の項目を「成長」に伴って変化させるようにしても良い。

【0135】さらに上述の実施の形態においては、外部からの入力履歴としてタッチセンサ18(図2)を介しての接触入力や、CCDカメラ17(図2)による撮像及びサウンドコマンドを用いての指令音入力などの履歴を適用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、これらに加えて又はこれら以外のユーザからに入力履歴を適用するようにしても良い。

【0136】この場合に上述の実施の形態においては、外部からの入力と自己の行動及び又は動作とのうち成長レベルに関与する成長要素(要素)の発生をコントローラ10内のメモリ10A(第1及び第2の成長要素カウンターテーブル70B、71B)を用いてカウントするようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、本発明を適用するロボット装置の形態に応じてこの他種々の構成を適用することができる。

【0137】さらに上述の実施の形態においては、初期起動時(基準時点)から現時点までの稼働経過日数を経過時間として計測する時間計測手段として、コントローラ10内のタイマ10Bを適用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、要は基準時点か

らの経過時間を計測することができれば、この他種々の構成のものを広く適用することができる。この場合、基準時点としては、初期基準時以外にもユーザが任意に設定した時点など、ユーザの使用環境や使用形態に応じて自由な時点を設定するようにしても良い。またこの場合、日単位で計測する以外にも、複数日（2日、3日など）単位や半日単位など種々の単位時間で経過時間を計測するようにしても良い。

【0138】さらに上述の実施の形態においては、初期起動時（基準時点）からの経過時間のうちの累積稼働時間（稼働時間の累積値）を求める時間計測手段として、コントローラ10内のタイマ10Bを適用するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、要は基準時点からの経過時間のうちの稼働時間を累積的に計測することができれば、この他種々の構成のものを広く適用することができる。この場合、基準時点としては、初期基準時以外にもユーザが任意に設定した時点など、ユーザの使用環境や使用形態に応じて自由な時点を設定するようにしても良い。またこの場合、分単位で計測する以外にも、複数分（5分、10日など）単位や時単位など種々の単位時間で経過時間を計測するようにしても良い。

【0139】さらに上述の実施の形態においては、コントローラ10内のメモリ10A（第1及び第2の成長要素カウンターテーブル70B、71B）を用いてカウントした各成長要素の累積度数の合計値である総合経験値と、コントローラ10内のタイマ10Bを用いて計測した稼働経過日数及び又は累積稼働時間とに基づいて、成長レベルの変化を制御する制御手段として、コントローラ10（成長制御機構部35）を適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、カウント手段のカウント値と時間計測手段の計測値とに基づいて成長レベルの変化を制御することができれば、この他種々の構成からなる制御手段を適用するようにしても良い。

【0140】その際、制御手段としてのコントローラ10（成長制御機構部35）は、成長総合経験値カウンタのカウント値が現在の成長段階の終了条件として予め設定されたカウント値を越えたことを前提に、タイマ10Bの初期起動時から現時点までの稼働経過日数及び累積稼働時間がそれぞれ現在の成長段階の終了条件として予め設定された下限日数及び下限時間を越えたとき、次の成長段階に移行させるようにした場合について述べた

$$F = \alpha \times d \times \cos(\theta)$$

但し、 α は正の係数

【0146】で与えられる評価関数 $f(d, \theta)$ によって「ボールを蹴る」という行動の達成度 F を自己評価し、この達成度 F が現在の「成長段階」に対して予め設定された閾値以上となった場合に次の「成長段階」に

が、本発明はこれに限らず、ユーザの使用頻度が非常に高い場合に極端に早く成長レベルが変化するのを防止することができれば、この他種々の方法によって成長レベルを変化させるようにしても良い。

【0141】さらに本発明においては、制御手段としてのコントローラ10（成長制御機構部35）は、成長総合経験値カウンタのカウント値が現在の成長段階の終了条件として予め設定されたカウント値を越えたか否かにかかわらず、タイマ10Bの初期起動時から現時点までの稼働経過日数が現在の成長段階の終了条件として予め設定された上限日数を越えたとき、強制的に次の成長段階に移行させるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、ユーザの使用頻度が非常に少ない場合であっても極端に遅く成長レベルが変化するのを防止することができれば、この他種々の方法によって成長レベルを変化させるようにしても良い。

【0142】さらに上述の実施の形態においては、各成長要素の累積度数の合計値に基づいて総合経験値を算出し、当該総合経験値に基づいてペットロボット1を「成長」させるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、総合経験値の算出方法としては、この他種々の方法を広く適用することができる。

【0143】さらに上述の実施の形態においては、外部からの入力履歴と自己の行動及び動作履歴とに基づいてペットロボット1の「成長段階」を上げるようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、「成長段階」を上げる要素としては、入力履歴と自己の行動及び動作履歴とのうちの一方だけとするようにしても良く、また入力履歴と自己の行動及び動作履歴以外の要素を加味するようにしても良い。

【0144】実際に入力履歴と自己の行動及び動作履歴以外の要素を加味する場合、当該要素としては、立ってから歩けるから子供、ボールを遠くに蹴られるから大人というように、ある行動や動作に対する達成度を所定の評価関数を用いて自己評価し、得られた達成度を「成長段階」を上げるための要素とするようにしても良い。例えば図18に示すように、「ボールを蹴る」という行動に対して、成長制御機構部35（図4）がペットロボット1の中心座標を原点としたときの蹴ったからのボール73までの距離 d 及び方向 θ で定義される次式

【0145】

【数1】

..... (1)

「成長」するようにしても良い。

【0147】因みに、ボール73までの距離 d は、距離センサを別途設けることにより測定でき、また方向 θ は、頭部ユニット4をロール方向に回転させるアクチュ

エータ 21_i ；（ i は1～ n のいずれか）の出力軸の回転角度を測定する図示しないエンコーダの出力に基づいて測定することができる。この場合の達成度 F は、真っ直ぐに遠くヘボールを蹴られるほど大きくなる。

【0148】またこのような評価の対象とする行動や動作としては、「ボールを蹴る」以外の例えは「歩く」（その速度を評価）などの各種行動や動作を広く適用することができる。

【0149】さらにこのような行動や動作の達成度 f の演算を常時行い、上述のような入力履歴と自己の行動及び又は動作履歴とに基づいて、「成長」するときにかかる達成度 F の最大値に基づいて次の「成長段階」や行動様式（Baby 1、Child 1、Child 2、Young 1～Young 3、Adult 1～Adult 4）を決定するようにしても良い。

【0150】

【発明の効果】上述のように本発明によれば、外部からの入力履歴と自己の行動及び又は動作履歴との少なくとも一方に基づいて、成長レベルを段階的に変化させるロボット装置において、外部からの入力と自己の行動及び又は動作とのうち成長レベルに関与する要素の発生をカウントするカウント手段と、基準時点からの経過時間を計測する時間計測手段と、カウント手段のカウント値と時間計測手段の計測値とに基づいて、成長レベルの変化を制御する制御手段とを設けたことにより、ユーザの使用頻度が非常に高い場合には極端に早く成長レベルが変化するのを防止することができる一方、ユーザの使用頻度が非常に少ない場合には極端に遅く成長レベルが変化するのを防止することができ、この結果ペットとしての親近感や満足感をユーザに与えると共に、ユーザの育成意欲を損なうのを防止することができ、かくしてアミューズメント性を向上させ得るロボット装置を実現することができる。

【0151】また本発明によれば、外部からの入力履歴と自己の行動及び又は動作履歴との少なくとも一方に基づいて、成長レベルを段階的に変化させるロボット装置の制御方法において、外部からの入力と自己の行動及び又は動作とのうち成長レベルに関与する要素の発生をカウントすると共に、基準時点からの経過時間を計測しながら、成長レベルに関与する要素の発生のカウント値と経過時間の計測値とに基づいて、成長レベルの変化を制御することにより、ユーザの使用頻度が非常に高い場合にはロボット装置が極端に早く成長レベルが変化するのを防止することができる一方、ユーザの使用

頻度が非常に少ない場合にはロボット装置が極端に遅く成長レベルが変化するのを防止することができ、この結果ペットとしての親近感や満足感をユーザに与えると共に、ユーザの育成意欲を損なうのを防止することができ、かくしてアミューズメント性を向上させ得るロボット装置の制御方法を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したペットロボットの外観構成を示す斜視図である。

【図2】ペットロボットの回路構成を示すブロック図である。

【図3】本実施の形態による成長モデルを示す概念図である。

【図4】コントローラの処理の説明に供するブロック図である。

【図5】感情・本能モデル部におけるデータ処理の説明に供する概念図である。

【図6】確率オートマトンを示す概念図である。

【図7】状態遷移表を示す概念図である。

【図8】有向グラフの説明に供する概念図である。

【図9】全身用の有向グラフを示す概念図である。

【図10】頭部用の有向グラフを示す概念図である。

【図11】脚部用の有向グラフを示す概念図である。

【図12】尻尾部用の有向グラフを示す概念図である。

【図13】第1の成長要素リスト及び第1の成長要素カウンターテーブルを示す概念図である。

【図14】第2の成長要素リスト及び第2の成長要素カウンターテーブルを示す概念図である。

【図15】成長移行条件テーブルを示す概念図である。

【図16】成長制御処理手順を示すフローチャートである。

【図17】他の実施の形態を示す概念図である。

【図18】他の実施の形態を示す概念図である。

【符号の説明】

1……ペットロボット、10……コントローラ、10A……メモリ、10B……タイマ、15……内部センサ、19……外部センサ、21₁～21_n……アクチュエータ、30……状態認識機構部、31……感情・本能モデル部、32……行動決定機構部、33……姿勢遷移機構部、34……制御機構部、35……成長制御機構部、50……状態遷移表、70A、71A……成長要素リスト、70B、71B……成長要素カウンターテーブル、RT1……成長制御処理手順。

【図1】

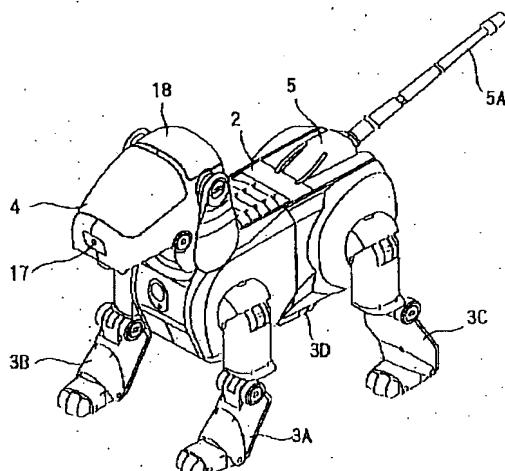


図1 本実施の形態によるペットロボットの構成

【図3】

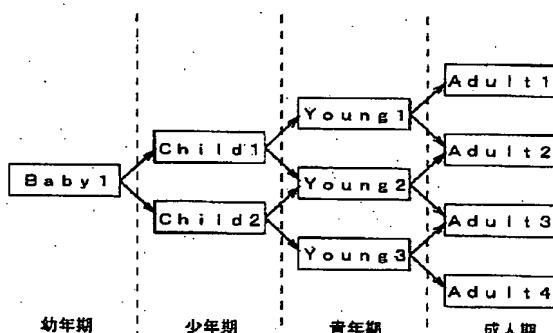


図3 本実施の形態による成長モデル

【図2】

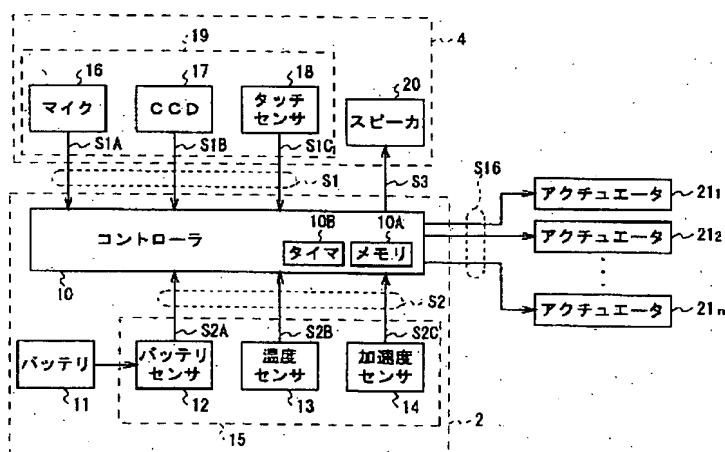


図2 ペットロボットの内部構成

【図6】

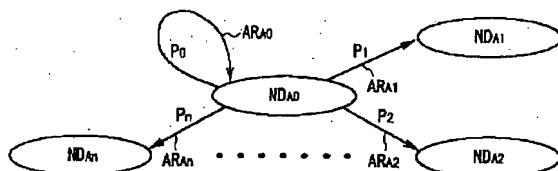
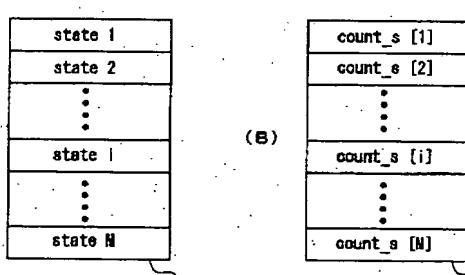


図6 確率オートマトン

【図13】

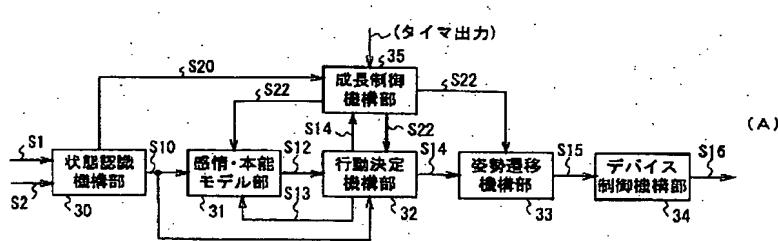


70A

70B

図13 第1の成長要素リスト及び第1の成長要素カウンターテーブル

【図4】



【図 14】

behavior 1
behavior 2
•
•
behavior i
•
•
•
behavior N

count_b [1]
count_b [2]
•
•
•
count_b [i]
•
•
•
count_b [N]

図14 第2の成長要素リスト及び第2の成長要素カウンターテーブル

図4 コントローラの処理

(图 18)

【図5】

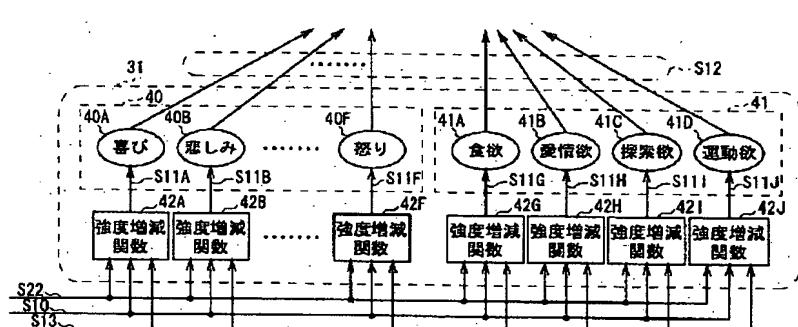


図5 感情本態モデル部におけるモータル原理

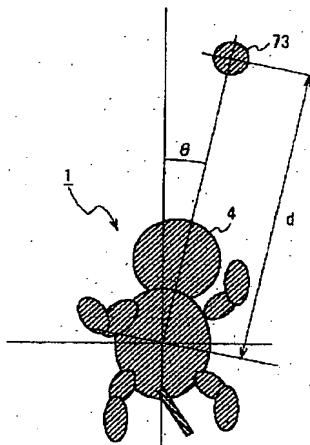


図18 他の実施の形態

〔圖 7〕

入力イベント名 データ名 データの範囲

他のノードへの遷移確率

node 100			A	B	C	D	n
			node 120	node120	node 1000		node 600
				ACTION 1	ACTION 2	MOVE BACK	ACTION 4
1	BALL	SIZE	0.1000	30%			
2	PAT				40%		
3	HIT				20%		
4	MOTION					50%	
5	OBSTACLE	DISTANCE	0.100			100%	
6		JOY	50, 100				
7		SURPRISE	50, 100				
8		SADNESS	50, 100				

圖 7 狀態遷移表

【図9】

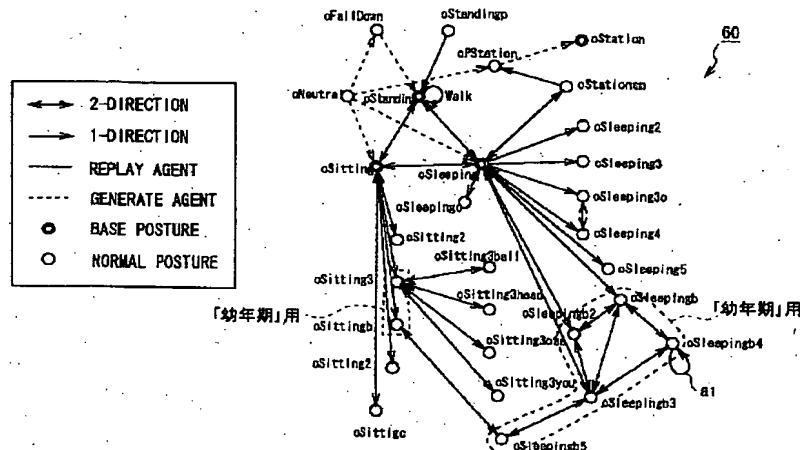


図9 全身用の有向グラフ

〔図10〕

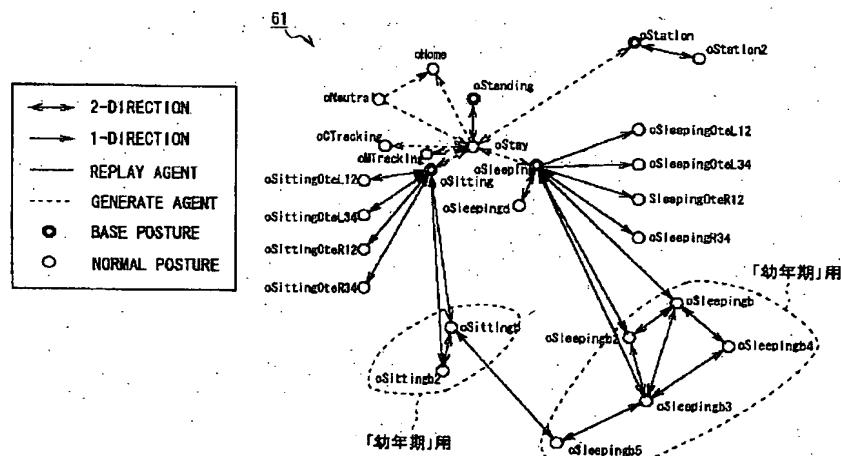


図10 頭部用の有向グラフ

【图 15】

	「幼児期」→「少年期」	「少年期」→「青年期」	「青年期」→「成人期」
成長総合経験値 カウンタのカウント数	1,000	5,000	20,000
移動経過日数の 下限日数[日]	3	15	50
移動経過日数の 上限日数[日]	10	30	100
累積移動時間の 下限時間[分]	360	1,800	6,000

図 15 成長移行条件テーブル

【図11】

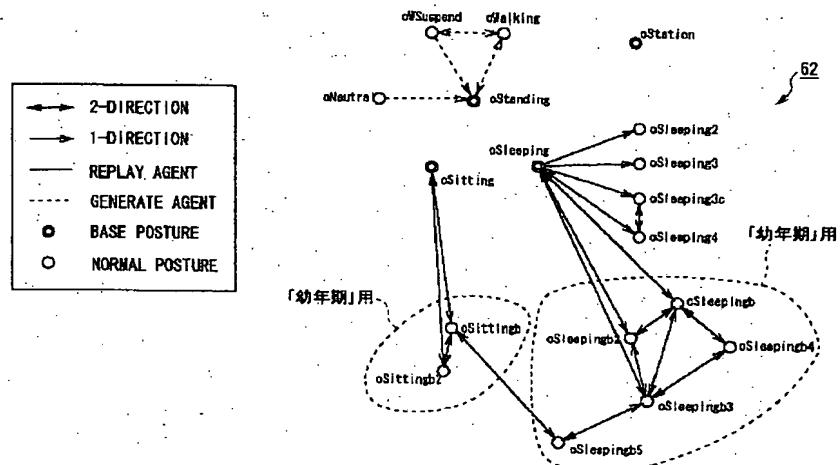


図11 脚部用の有向グラフ

【図12】

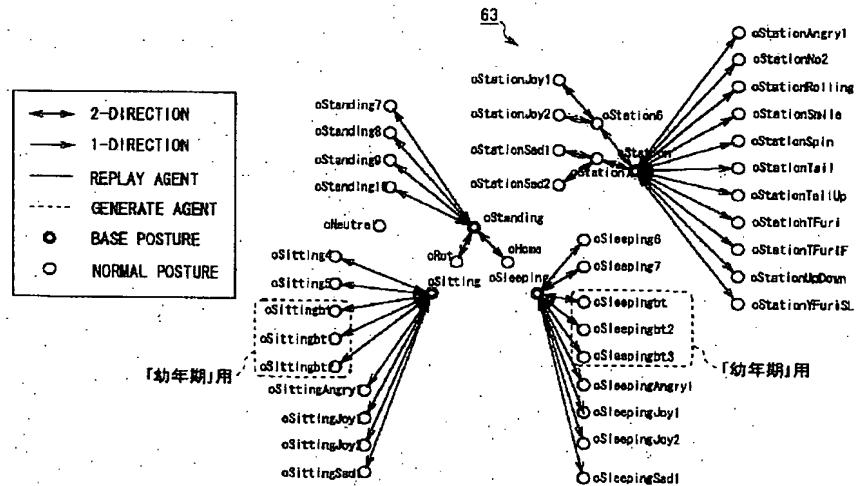


図1.2 尾尾部用の有向グラフ

【図16】

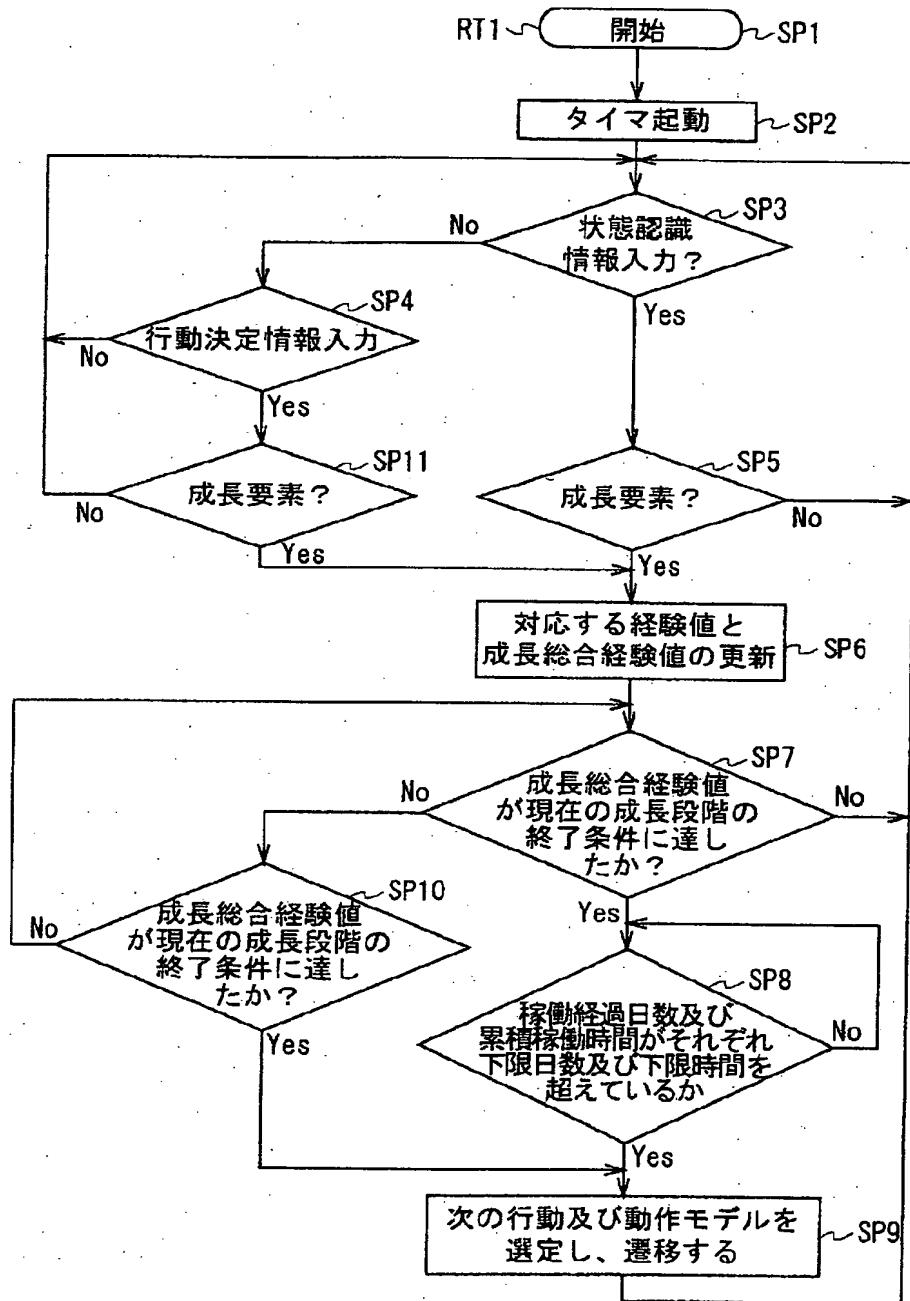


図16 成長制御処理手順

【図17】

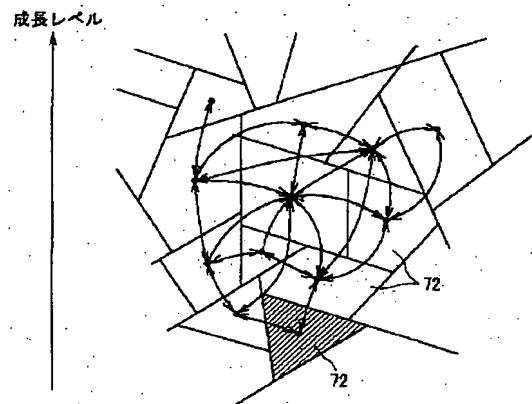


図17 他の実施の形態